

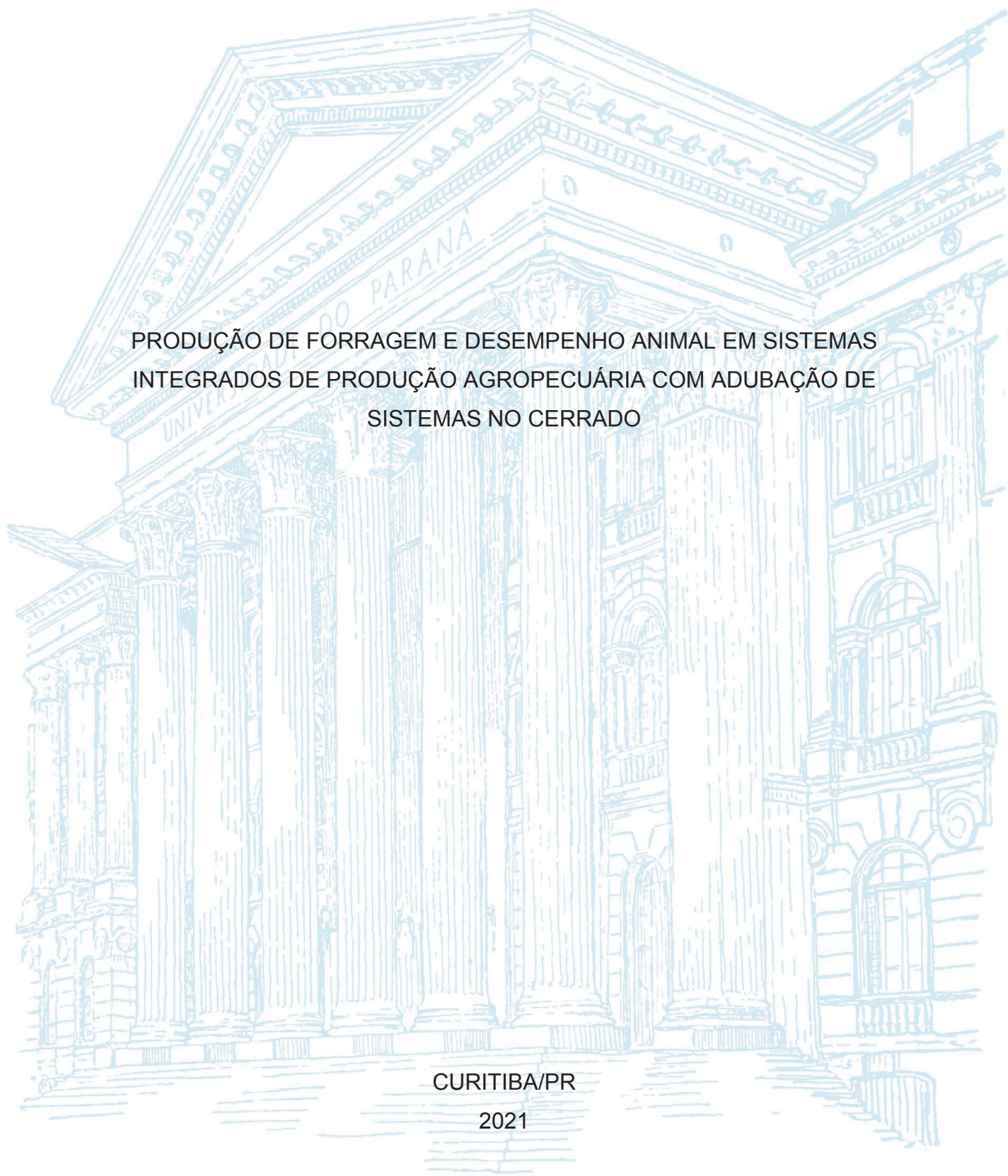
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAIO MORETTI DE FREITAS

PRODUÇÃO DE FORRAGEM E DESEMPENHO ANIMAL EM SISTEMAS  
INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA COM ADUBAÇÃO DE  
SISTEMAS NO CERRADO

CURITIBA/PR

2021



CAIO MORETTI DE FREITAS

PRODUÇÃO DE FORRAGEM E DESEMPENHO ANIMAL EM SISTEMAS  
INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA COM ADUBAÇÃO DE  
SISTEMAS NO CERRADO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof ° Dr. Anibal de Moraes

Coorientador: Profº Dr. Edicarlos Damacena de Souza

CURITIBA/PR

2021

Freitas, Caio Moretti de

Produção de forragem e desempenho animal em sistemas integrados de produção agropecuária com adubação de sistemas no cerrado. / Caio Moretti de Freitas. - Curitiba, 2021.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal.

Orientação: Anibal de Moraes.

Coorientação: Edicarlos Damacena de Souza.

1. Forragem - Produção. 2. Adubação. 3. Pastagem - Adubos e fertilizantes. I. Moraes, Anibal de. II. Souza, Edicarlos Damacena de. III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGRONOMIA  
(PRODUÇÃO VEGETAL) - 40001016031P6

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **CAIO MORETTI DE FREITAS** intitulada: **PRODUÇÃO DE FORRAGEM E DESEMPENHO ANIMAL EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA COM ADUBAÇÃO DE SISTEMAS NO CERRADO**, sob orientação do Prof. Dr. ANIBAL DE MORAES, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 11 de Março de 2021.

Assinatura Eletrônica  
11/03/2021 20:16:51.0  
ANIBAL DE MORAES  
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica  
12/03/2021 11:06:58.0  
RAFAEL HENRIQUE PEREIRA DOS REIS  
Avaliador Externo (INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE RONDÔNIA)

Assinatura Eletrônica  
11/03/2021 15:33:50.0  
EDICARLOS DAMACENA DE SOUZA  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDONÓPOLIS)

Assinatura Eletrônica  
11/03/2021 17:34:20.0  
BRUNO CARNEIRO E PEDREIRA  
Avaliador Externo (EMBRAPA)

A meu avô Aguiar Moretti *in memoriam* e a minha avó Maria A. Moretti por todo  
amor, dedico.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, por me conceder saúde, paz e por me ajudar a trilhar meu caminho permitindo-me sempre seguir em frente. Ao meu santo anjo da guarda “*sempre me rege, me guarda, me governe, me ilumine, amém*”.

Aos meus orientadores Anibal de Moraes e Edicarlos Damacena de Souza por toda parceria, companheirismo, ensinamentos, dedicação e orientações, que por muitas vezes foram além do cunho acadêmico. Os senhores me inspiram a ser um profissional e uma pessoa melhor, muito obrigado!

A Universidade Federal do Paraná – UFPR e a Universidade Federal de Rondonópolis – UFR, por disponibilizarem estrutura e ensino de qualidade. Aos professores da UFPR Anibal, Paulo Carvalho, Kátia, Átila, Jonathan e da UFR Edicarlos, Leandro, Carlos Eduardo, Rodrigo, Carla e Alexandre, por todo o ensinamento. Ao curso de zootecnia – UFR pela utilização de seus recursos e laboratório, obrigado!

Ao Grupo de Pesquisa e Inovação em Sistemas Puros e Integrados (GPISI) pela oportunidade de fazer iniciação científica e pós-graduação dentro de um grupo tão acolhedor. Aos meus amigos de grupo e que ficarão para a vida toda, Edicarlos, Jorge, João, Guilherme, Bruna, Poly, Tati, Maria, Helô, Evelyn, Letícia, Bia (Andressa), Bhea, Vivian, Tani, Laércio e todos os outros integrantes que de alguma forma me ajudaram. Sem vocês as coletas no sol de 40°C e as análises no laboratório não teriam acontecido. Obrigado!

A minha avó, Maria. A senhora é meu grande amor. Meu avô (*in memoriam*), meu grande herói, exemplo e por quem sempre terei um amor incondicional. Eu amo vocês! A minha mãe, Sheila, por sempre me apoiar, dar amor e confortar com suas palavras, te amo! Ao meu pai, Elpides, minha tia Sheli e minha irmã Luisa por todo apoio e prontidão e aos demais familiares por sempre estarem comigo, muito obrigado!

A Gabi, por toda a ajuda, por compartilhar comigo todos os sofrimentos e alegrias da pós-graduação. Por me descontraír, acalmar, dar amor e puxão de orelha sempre que necessário. Obrigado por ser essa namorada incrível e que me faz crescer, te amo!

Ao grupo da discórdia e todos os seus membros, que são capazes de estragar o dia de qualquer pessoa, porém sem eles os dias não teriam graça, Murilo, Matheus, Rafael, Saul e William, muito obrigado meus amigos!

Aos meus amigos do peito, Murilo, Valneide, Juh (UNIC), Saul e Junior, que sempre me incentivaram e ajudaram em todos os momentos durante a pós. Ao Douglinhas

e a Layssa pelos tererés e prosas na sorveteria. Ao Jorge e o Luiz Guilherme por toda a ajuda no experimento, a Mônica pela ajuda nas análises, obrigado!

Agradeço ao Sr. Joel Strobel, pela oportunidade de montarmos o experimento de longo prazo na propriedade de sua família (Fazenda Guarita). Ao Sr. Toninho, Weverton e sua equipe por toda a ajuda durante o experimento, obrigado!

A Yara fertilizantes, a Aliança SIPA e a Fundação Agrisus pelo apoio financeiro e pela concessão da bolsa para condução do experimento. Enfim, a todos que de alguma forma fizeram parte desta jornada. Obrigado!

“O trabalho duro supera o dom natural”.

Rock Lee.



## RESUMO

A adubação de sistemas é uma alternativa para aumentar a produção de forragem e, conseqüentemente, o desempenho animal em sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA). O objetivo com este trabalho foi avaliar como as estratégias de adubação (adubação de sistemas, nitrogenada e convencional) afetam a produção e o valor nutritivo da forragem e o desempenho animal em pastagens em SIPA no Cerrado. O experimento foi de março de 2019 a julho de 2020, na fazenda Guarita em Rondonópolis – MT. O pasto foi estabelecido após a colheita da soja. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com três repetições em esquema fatorial 2x2. O primeiro fator foi a época de adubação do fósforo (P) e potássio (K): na safra, durante a condução soja (adubação convencional) ou na safrinha, durante a condução do pasto (adubação de sistema); e o segundo fator foi a adubação nitrogenada (N) no pasto (presença ou ausência), durante a safrinha. A produção de forragem apresentou interação entre época de adubação com P e K e a adubação nitrogenada no pasto. Com a adubação de sistema, não houve efeito do N no pasto. Por outro lado, a adubação de sistema promoveu incremento de 29% na produção total de forragem comparado a adubação convencional quando não é realizada adubação nitrogenada. Já com a adubação convencional e com N no pasto, a produção de forragem foi 41% maior quando comparado a não aplicação de N. A presença do N promoveu aumento de lâminas foliares em 10%, e diminuição de colmos em 7%. A adubação nitrogenada aumentou em 9% os teores de proteína bruta, embora não tenha afetado os teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e a lignina. A adubação de sistema aumentou a taxa de lotação em 11%. A adubação nitrogenada possibilitou aumento de 13% e 21% da taxa de lotação na adubação de sistema e convencional, respectivamente. O ganho de peso por área aumentou 11% com a adubação de sistema, em relação à convencional, quando houve ausência de N no pasto. A adubação nitrogenada aumentou em 19% o ganho de peso por área com a adubação convencional. A adubação de sistema e a adubação convencional com a nitrogenada no pasto possibilitam maior produção de forragem e produção animal em relação a adubação convencional em pastagens em SIPA.

**Palavras chave:** Acúmulo de forragem. Proteína Bruta. Pastagem. Taxa de lotação.

## ABSTRACT

The fertilization of systems is an alternative to increase the production of forage and, consequently, the animal performance in integrated crop livestock system (ICLS). The objective of this work was to evaluate how the fertilization strategies (systems fertilization, nitrogen and conventional) affect the production and the nutritional value of the forage and animal performance in pastures in SIPA in the Cerrado. The experiment was from March 2019 to July 2020, at the Guarita farm in Rondonópolis - MT. Pasture was established after soybean harvest. The experimental design was randomized blocks with three replications in a 2x2 factorial scheme. The first factor was the time of fertilization of phosphorus (P) and potassium (K): during the harvest, during soybean (conventional fertilization) or in the off-season, during the pasture (system fertilization); and the second factor was nitrogen fertilization (N) in the pasture (presence or absence), during the off-season. Forage production showed an interaction between fertilization time with P and K and nitrogen fertilization in pasture. With system fertilization, there was no effect of N on the pasture. On the other hand, the system fertilization promoted an increase of 29% in the total forage production compared to conventional fertilization when nitrogen fertilization is not carried out. With conventional fertilization and with N in the pasture, the forage production was 41% higher when compared to the non-application of N. The presence of N promoted an increase in leaf blades by 10%, and a decrease in stalks by 7%. Nitrogen fertilization increased crude protein levels by 9%, although it did not affect the levels of neutral detergent fiber, acid detergent fiber and lignin. System fertilization increased the stocking rate by 11%. Nitrogen fertilization allowed an increase of 13% and 21% in the stocking rate in system and conventional fertilization, respectively. The weight gain by area increased 11% with the fertilization of system, in relation to the conventional one, when there was absence of N in the pasture. Nitrogen fertilization increased weight gain by area by 19% with conventional fertilization. System fertilization and conventional nitrogen fertilization in pasture allow greater forage production and animal production compared to conventional fertilization in pastures in ICLS.

**Keywords:** Forage accumulation. Crude Protein. Grazing. Stocking rate.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Área experimental localizada na fazenda Guarita em Rondonópolis – MT.....	23
FIGURA 2 – Precipitação total (mm) e temperatura média (°C) durante o período de execução do experimento. ....	24
FIGURA 3 – Modelo experimental do estudo em que indica a época de adubação (safra ou safrinha) e a presença e ausência da adubação nitrogenada em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.....	25
FIGURA 4 – Croqui da área experimental localizado na fazenda Guarita em Rondonópolis – MT em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto .....	26
FIGURA 5 – Densidade de forragem em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.....	31
FIGURA 6 – Massa seca residual em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.....	32
FIGURA 7 – Composição morfológica de lâmina foliar + bainha, colmo e material senescente entre as estratégias de adubação (A) e presença de nitrogênio (B) em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.....	33
FIGURA 8 – Bibplot dos componentes principais de produção e qualidade de forragem e animal em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto .....	36

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Histórico de plantio da área experimental de 2010 a 2020 localizada na fazenda Guarita em Rondonópolis – MT.....	23
TABELA 2 – Caracterização do solo da área experimental antes da implantação do experimento na profundidade de 0-20cm do solo.....	23
TABELA 3 – Total de dias sem chuva, precipitação (mm) e temperatura média (°C) no período da pastagem.....	24
TABELA 4 – Taxa de acúmulo de forragem e produção total de forragem em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.....	30
TABELA 5 – Proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) (%) em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.....	33
TABELA 6 – Peso inicial, Peso final, ganho de peso por animal (GP/animal) e ganho médio diário (GMD) em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.....	34
TABELA 7 – Taxa de lotação e ganho de peso por área em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.....	35
TABELA 8 – Fatores extraídos da análise de componentes principais, com destaque para as variáveis cargas superiores a 0,6 (em módulo) em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.....	35

## **LISTA DE SIGLAS OU ABREVIATURAS**

ATP - ADENOSINA TRIFOSFATO

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA

FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO

FDA – FIBRA EM DETERGENTE ÁCIDO

FDN – FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO

GMD – GANHO MÉDIO DIÁRIO

GP – GANHO DE PESO

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

ILP – INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA

K – POTÁSSIO

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

N – NITROGÊNIO

P – FÓSFORO

PB – PROTEÍNA BRUTA

PV – PESO VIVO

SIPA – SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL .....	15
REFERÊNCIAS .....	18
2 CAPÍTULO I. Produção de forragem e desempenho animal em sistemas integrados de produção agropecuária com adubação de sistemas no cerrado	19
2.1 INTRODUÇÃO .....	21
2.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	22
2.2.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL, SOLO E CLIMA .....	22
2.2.2 PROTOCOLO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....	25
2.2.3 PERÍODO DE PASTEJO E AVALIAÇÃO DOS ANIMAIS .....	26
2.2.4 AVALIAÇÕES DE PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FORRAGEM ..	27
2.2.5 ANÁLISE DE DADOS .....	29
2.3 RESULTADOS .....	30
2.4 DISCUSSÃO .....	36
2.5 CONCLUSÃO .....	40
REFERÊNCIAS .....	41

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O constante aumento populacional gerou uma maior demanda na produção de alimentos, tanto de origem animal quanto vegetal. No entanto, a expansão das áreas agricultáveis não deve seguir a mesma tendência, pois não é mais admissível pela sociedade a abertura de novas áreas. Sendo assim, a maximização da produção de alimentos em uma mesma área é um dos grandes desafios a serem alcançados. O aumento na produção depende de tecnologias sustentáveis de intensificação, com maior produção de alimentos nas mesmas áreas e, se possível, com menor uso de insumos (HERRERO et al., 2010).

Neste cenário, fica clara a necessidade de produção mais intensiva de alimentos, em que destaca-se os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) que no Brasil representavam uma área de 11,5 milhões de hectares em 2015, com o Estado de Mato Grosso responsável por 13% deste montante (EMBRAPA, 2016). No entanto existem projeções realizadas pela Embrapa que indicam que este número pode estar em 17 milhões de hectares atualmente. Esse sistema aliado ao plantio direto (SIPA-PD) é caracterizado como uma forma de manejo que explora componentes pecuários e agrícolas de maneira simultânea ou desarticulada dentro da mesma área com rotação ou consorciação, promovendo interações sinérgicas entre seus componentes (MORAES et al., 2014) o que reflete em ganhos de produtividade, tanto na pecuária como na lavoura.

Os SIPA bem planejados possuem como base a utilização do sistema plantio direto, a rotação de culturas, o manejo adequado da pastagem, a maximização da produção animal a pasto, a utilização correta de insumos, entre outros fatores que buscam a máxima produção sustentável (CARVALHO et al., 2018; MORAES et al., 2019). Suas diversas modalidades se adequam com a realidade de cada região e seus arranjos devem ser planejados com o objetivo de explorar as propriedades emergentes que se ampliam em função das interações nos compartimentos solo planta-animal-atmosfera de áreas que integram atividades de produção agrícola e pecuária (MORAES et al., 2014). A presença dos animais em SIPA é fundamental para o sinergismo dos componentes, pois a distribuição dos pontos de fezes e urina pela área favorece a população da mesofauna, especialmente as minhocas e os besouros

coprófagos (rola-bosta). Por sua vez, as presenças das culturas garantem fitomassa residual permitindo a realização do plantio direto e tornando o sistema mais sustentável.

No Cerrado, a modalidade mais utilizada em SIPA é a que se cultiva uma lavoura de grãos na safra de verão, geralmente a soja, seguido por pasto na safrinha. Os gêneros mais utilizados para o pasto são *Urochloa* e *Panicum*, com predominância do primeiro. O modelo de adubação utilizado neste sistema se baseia no conceito químico-mineralista e visa unicamente a cultura de grãos na safra e o pasto se “beneficia” do residual da lavoura. Esse modelo de adubação considera apenas o efeito isolado de um determinado nutriente na cultura principal de grãos, sem levar em conta a pastagem implantada no período da safrinha e tão menos a produção animal a pasto.

O modelo de adubação de sistemas consiste no melhor posicionamento da adubação dentro do sistema, considerando tanto a cultura de grãos na safra, quanto o pasto na safrinha, permitindo que o nutriente seja eficientemente ciclado e utilizado por todas as culturas que compõe o SIPA (ASSMANN et al., 2018). Ao contrário da adubação convencional, que só visa a cultura de grãos, a adubação de sistema leva em consideração a ação dos nutrientes devolvidos por vias orgânicas, que sobretudo são contidos na biomassa microbiana do solo. Depreende-se que os microorganismos contribuem fortemente com esse modelo de adubação por meio de suas funções no solo como a fixação biológica de nitrogênio, mineralização de nutrientes, auxilia as plantas no processo de absorção, na degradação de compostos orgânicos e ciclagem de nutrientes (ASSMANN et al., 2018).

O sucesso dos SIPA é dependente da pastagem ser adubada como a cultura de grãos, principalmente a adubação nitrogenada, da intensidade de pastejo e estratégias de manejo (BORTOLLI 2016; MACCARI 2016). Os resultados mais expressivos são aqueles que garantem maximização na produção de carne bovina sem a necessidade de abertura de novas áreas, o que contribui para a preservação do ambiente (RUVIARO et al., 2016). Para que isso ocorra é necessário ser eficiente na produção e no manejo da pastagem durante a safrinha, o que garantirá um bom funcionamento do sistema e, conseqüentemente, a alta produção animal (LUSTOSA et al., 2011).



Desta forma, o objetivo com este trabalho foi avaliar como as estratégias de adubação (adubação de sistemas, nitrogenada e convencional) afetam a produção e o valor nutritivo da forragem e desempenho animal em pastagens em SIPA no Cerrado. Os resultados da pesquisa serão apresentados no Capítulo I. *Produção de forragem e desempenho animal em sistemas integrados de produção agropecuária com adubação de sistemas no Cerrado.*

## REFERÊNCIAS

ASSMANN, T. S.; MARTINICHEN, D. et al. Adubação de Sistemas e ciclagem de nutrientes em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária. In: SOUZA, E.D. et al. (Ed). **Sistemas Integrados de Produção Agropecuária no Brasil**. Tubarão: Copiart, p. 123-144, 2018.

BORTOLLI, M. A. **Adubação de sistemas: antecipação de adubação nitrogenada para a cultura do milho em integração lavoura-pecuária**. 85f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

CARVALHO, P.C.F., et al. Integrating the pastoral component in agricultural systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 47, e20170001, 2018.

EMBRAPA. **ILPF em números**. Sinop, MT: Embrapa Agrossilvipastoril, 12p, 2016.

HERRERO, M. et al. Smart investments in sustainable foodproduction. **Revisiting mixed crop-livestock systems.Science**, v. 327, p. 822-825, 2010.

LUSTOSA, S.; MACHADO, D.; BALDISSERA, T.; MORAES, A. de; SANDINI, I. Experiências de Integração Lavoura-Pecuária na Região Central do Paraná. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 6, n. 2, 2011.

MACCARI, M. **A altura de dossel e a adubação nitrogenada da pastagem podem afetar a nutrição nitrogenada do milho, num sistema de integração lavoura pecuária**. Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 119p, 2016.

MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S.C.; COSTA, S.E.V.G.A. & KUNRATH, T.R. Crop-livestock integration in Brazilian subtropics. **European journal of Agronomy**, v. 57, p. 4–9, 2014.

MORAES, A., CARVALHO, P.C.F., CRUSCIOL, C.A.C., LANG, C.R., PARIZ, C.M., DEISS, L., SULC, R. M. **Integrated crop-livestock systems as a solution facing the destruction of pampa and cerrado biomes in south America by intensive monoculture systems**. In: Lemaire, G., Carvalho, P.C.F., Kronberg, S., Recous, S. (Eds.), *Agroecosystem Diversity*. Academic Press, pp. 257–273, 2019.

RUVIARO, C. F.; DA COSTA, J. S.; FLORINDO, T. J.; RODRIGUES, W.; DE MEDEIROS, G. I. B.; VASCONCELOS, P. S. Economic and environmental feasibility of beef production in different feed management systems in the Pampa biome, southern Brazil. **Ecological indicators**, v. 60, p. 930-939, 2016.

## **2 CAPITULO I. Produção de forragem e desempenho animal em sistemas integrados de produção agropecuária com adubação de sistemas no Cerrado.**

### **RESUMO**

A adubação de sistemas é uma alternativa para aumentar a produção de forragem e, conseqüentemente, o desempenho animal em sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA). O objetivo com este trabalho foi avaliar como as estratégias de adubação (adubação de sistemas, nitrogenada e convencional) afetam a produção e o valor nutritivo da forragem e o desempenho animal em pastagens em SIPA no Cerrado. O experimento foi de março de 2019 a julho de 2020, na fazenda Guarita em Rondonópolis – MT. O pasto foi estabelecido após a colheita da soja. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com três repetições em esquema fatorial 2x2. O primeiro fator foi a época de adubação do fósforo (P) e potássio (K): na safra, durante a condução soja (adubação convencional) ou na safrinha, durante a condução do pasto (adubação de sistema); e o segundo fator foi a adubação nitrogenada (N) no pasto (presença ou ausência), durante a safrinha. A produção de forragem apresentou interação entre época de adubação com P e K e a adubação nitrogenada no pasto. Com a adubação de sistema, não houve efeito do N no pasto. Por outro lado, a adubação de sistema promoveu incremento de 29% na produção total de forragem comparado a adubação convencional quando não é realizada adubação nitrogenada. Já com a adubação convencional e com N no pasto, a produção de forragem foi 41% maior quando comparado a não aplicação de N. A presença do N promoveu aumento de lâminas foliares em 10%, e diminuição de colmos em 7%. A adubação nitrogenada aumentou em 9% os teores de proteína bruta, embora não tenha afetado os teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e a lignina. A adubação de sistema aumentou a taxa de lotação em 11%. A adubação nitrogenada possibilitou aumento de 13% e 21% da taxa de lotação na adubação de sistema e convencional, respectivamente. O ganho de peso por área aumentou 11% com a adubação de sistema, em relação à convencional, quando houve ausência de N no pasto. A adubação nitrogenada aumentou em 19% o ganho de peso por área com a adubação convencional. A adubação de sistema e a adubação convencional com a nitrogenada no pasto possibilitam maior produção de forragem e produção animal em relação a adubação convencional em pastagens em SIPA.

**Palavras chave:** Acúmulo de forragem. Proteína Bruta. Pastagem. Taxa de lotação.

## **Forage production and animal performance in integrated agricultural production systems with fertilization of systems in the Brazilian Cerrado.**

### **ABSTRACT**

The fertilization of systems is an alternative to increase the production of forage and, consequently, the animal performance in integrated crop livestock system (ICLS). The objective of this work was to evaluate how the fertilization strategies (systems fertilization, nitrogen and conventional) affect the production and the nutritional value of the forage and animal performance in pastures in SIPA in the Brazilian Cerrado. The experiment was from March 2019 to July 2020, at the Guarita farm in Rondonópolis - MT. Pasture was established after soybean harvest. The experimental design was randomized blocks with three replications in a 2x2 factorial scheme. The first factor was the time of fertilization of phosphorus (P) and potassium (K): during the harvest, during soybean (conventional fertilization) or in the off-season, during the pasture (system fertilization); and the second factor was nitrogen fertilization (N) in the pasture (presence or absence), during the off-season. Forage production showed an interaction between fertilization time with P and K and nitrogen fertilization in pasture. With system fertilization, there was no effect of N on the pasture. On the other hand, the system fertilization promoted an increase of 29% in the total forage production compared to conventional fertilization when nitrogen fertilization is not carried out. With conventional fertilization and with N in the pasture, the forage production was 41% higher when compared to the non-application of N. The presence of N promoted an increase in leaf blades by 10%, and a decrease in stalks by 7%. Nitrogen fertilization increased crude protein levels by 9%, although it did not affect the levels of neutral detergent fiber, acid detergent fiber and lignin. System fertilization increased the stocking rate by 11%. Nitrogen fertilization allowed an increase of 13% and 21% in the stocking rate in system and conventional fertilization, respectively. The weight gain by area increased 11% with the fertilization of system, in relation to the conventional one, when there was absence of N in the pasture. Nitrogen fertilization increased weight gain by area by 19% with conventional fertilization. System fertilization and conventional nitrogen fertilization in pasture allow greater forage production and animal production compared to conventional fertilization in pastures in ICLS.

**Keywords:** Forage accumulation. Crude Protein. Grazing. Stocking rate.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A população mundial em 2024 será superior a 8 bilhões de pessoas e em 2050 chegará a 9,7 bilhões (ONU, 2019). Com isso, o grande desafio para a humanidade é produzir mais alimentos de maneira sustentável, com a mesma quantidade de insumos e sem a abertura de novas áreas agrícolas. Para suprir a demanda por alimentos, a produção de cereais terá que aumentar para 3 bilhões de toneladas/ano, em relação aos 2,5 bilhões produzidos atualmente. A produção de carne deverá aumentar em mais 200 milhões de toneladas até o ano de 2050 (FAO, 2017). Porém, a produção agrícola deve ocorrer com a diminuição no uso de insumos e de abertura de novas áreas agrícolas, o que colabora com a menor emissão de gases de efeito estufa (SEARCHINGER et al., 2019).

Os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) podem contribuir para produzir mais alimentos, de forma sustentável, reduzir os custos de produção devido à menor entrada de insumos e a maior diversificação das atividades, o que permite o aumento da receita líquida com redução dos impactos ambientais (LAROCCA et al., 2018). Esses sistemas alternam ciclos de produção de pastagem e lavoura de forma simultânea ou sequencial (CARVALHO et al., 2018), explorando o sinergismo de seus componentes de maneira com que cada integrante expresse seu potencial produtivo dentro do sistema.

Dentro desta dinâmica de produção destaca-se o modelo de adubação de sistemas em SIPA. Essa prática consiste no melhor posicionamento da adubação dentro do sistema, e considera todas as culturas envolvidas na rotação, tanto a de grãos na safra, quanto o pasto na safrinha (ASSMANN et al., 2018). Esse conceito de adubação tem como base a ciclagem biológica dos nutrientes que ocorre entre as fases de rotação do sistema, promovendo a máxima utilização dos nutrientes e melhorias nos atributos do solo a longo prazo. Esse modelo contrasta com o de adubação tradicional utilizado em SIPA, onde todo o fertilizante é depositado para a cultura de grãos na safra, conceito esse que tem fundamento mineralista e avalia o efeito isolado dos nutrientes. De acordo com Anghinoni et al. (2015) não é coerente concentrar todo o fertilizante

para a cultura de grãos. Em um trabalho realizado pelos autores em 8 safras constataram que, em média, após a colheita da soja foram exportados 167, 35 e 63 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente. Já a exportação desses mesmos nutrientes para a produção de 360 kg ha<sup>-1</sup> de carne é de 14,0, 6,0 e 0,6 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Logo, posicionar a adubação para a fase pastagem (adubação de sistemas) resulta em maior produção de pasto e, conseqüentemente, animal com menor exportação de nutrientes (ANGHINONI et al., 2013).

Estudos conduzidos no sul do país comprovaram que para se obter maior produção de forragem em SIPA é necessário que se adube a pastagem, especialmente com nitrogênio, garantindo assim a melhor utilização do nutriente (BERNARDON et al., 2020). Com o reposicionamento da adubação via adubação de sistemas é possível potencializar o desempenho animal (FARIAS et al., 2020). Com isso, surge a hipótese desse trabalho em que a adubação de sistemas realizada na fase pastagem, possibilita maior produção de forragem com reflexos positivos na produção animal em SIPA.

Diante do exposto, o objetivo com este trabalho foi avaliar como as estratégias de adubação (adubação de sistemas, nitrogenada e convencional) afetam a produção e o valor nutritivo da forragem e desempenho animal em pastagens em SIPA no Cerrado.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL, SOLO E CLIMA

O experimento ocorreu entre março de 2019 a julho de 2020 e iniciou-se com a semeadura do pasto (*Urochloa brizantha*, cv. BRS Piatã) após a cultura da soja (*Glycine max*) que é anualmente implantada no mês de outubro em sistema plantio direto e instalado em área pertencente à Fazenda Guarita (16°33'54"S e 54°41'08" W), localizada no município de Rondonópolis/MT, Brasil (Figura 1). O histórico da área nos últimos dez anos está apresentado na tabela 1. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, de textura argilosa, a amostragem foi realizada em fevereiro de 2019 (tabela 2).

Figura 1 – Área experimental localizada na fazenda Guarita em Rondonópolis – MT.

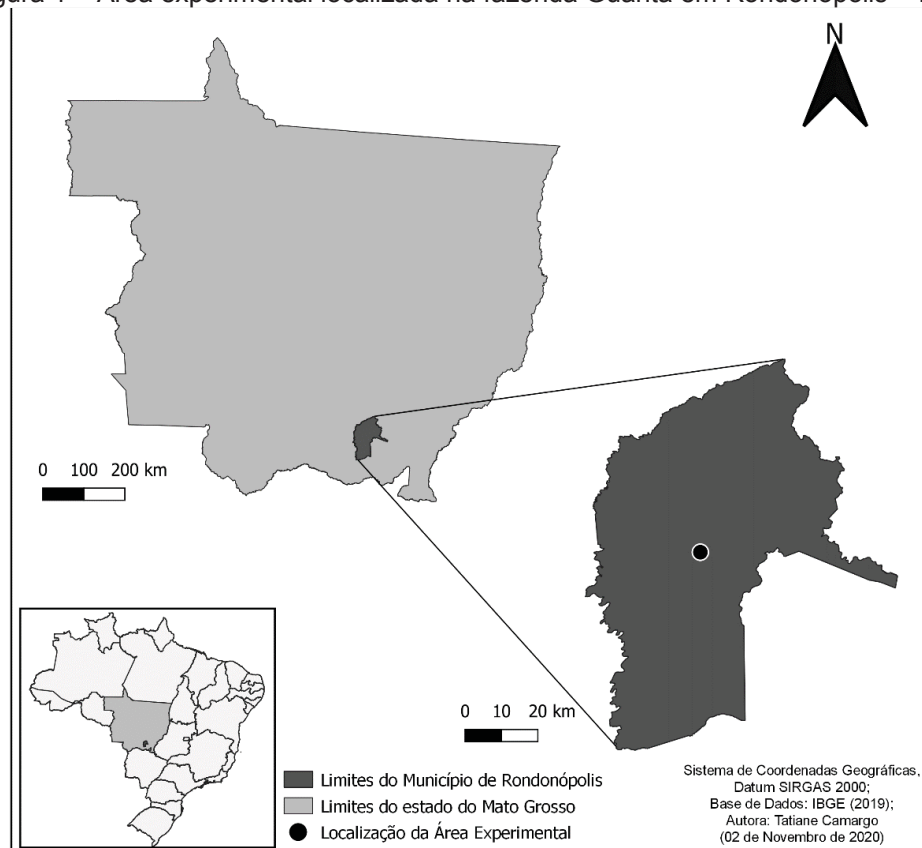


Tabela 1 – Histórico de plantio da área experimental de 2010 a 2020 localizada na fazenda Guarita em Rondonópolis - MT.

Período	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Safrinha</b>	Milho				Pecuária				Milho		
<b>Safrinha</b>	Milho				Pecuária				Milho		

Tabela 2 – Caracterização do solo da área experimental antes da implantação do experimento na profundidade de 0-20cm do solo.

pH	Ca	Mg	Al	CTC	K	P	V	DS	Areia	Silte	Argila
CaCl <sub>2</sub>	-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			-- mg dm <sup>-3</sup> --		%	kg dm <sup>-3</sup>	-----	g kg <sup>-1</sup> -----	
5,5	2,5	1,3	0,0	6,8	69,2	30,8	59,9	1,4	505	75	420

V: Saturação por bases; CTC: Capacidade de troca de cátions; DS: Densidade do solo. Interpretação com base em pastagens (Martha Junior et al., 2007): pH: Adequado (4,9 à 5,5); Ca (Cálcio): Adequado (> 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); Mg (Magnésio): Adequado (0,5 à 2,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); Al (Alumínio): Baixo; CTC: Baixa (< 7,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); K: Adequado (51 à 80 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); P: Adequado (> 9,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); V %: Alto (40 a 45 %) e SD: Moderada.

O clima é caracterizado como Aw, segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013) com uma estação seca e uma chuvosa. Os dados de precipitação total (mm) e temperatura média (°C) da área experimental durante a condução do experimento são apresentados na Figura 2. O total de dias sem chuva, precipitação (mm) e temperatura média (°C) no período da fase pastagem (04/2019 a 08/2019 e 03/2020 a 07/2020) estão descritos na tabela 3.

Figura 2 - Precipitação total (mm) e temperatura média (°C) durante o período de execução do experimento.

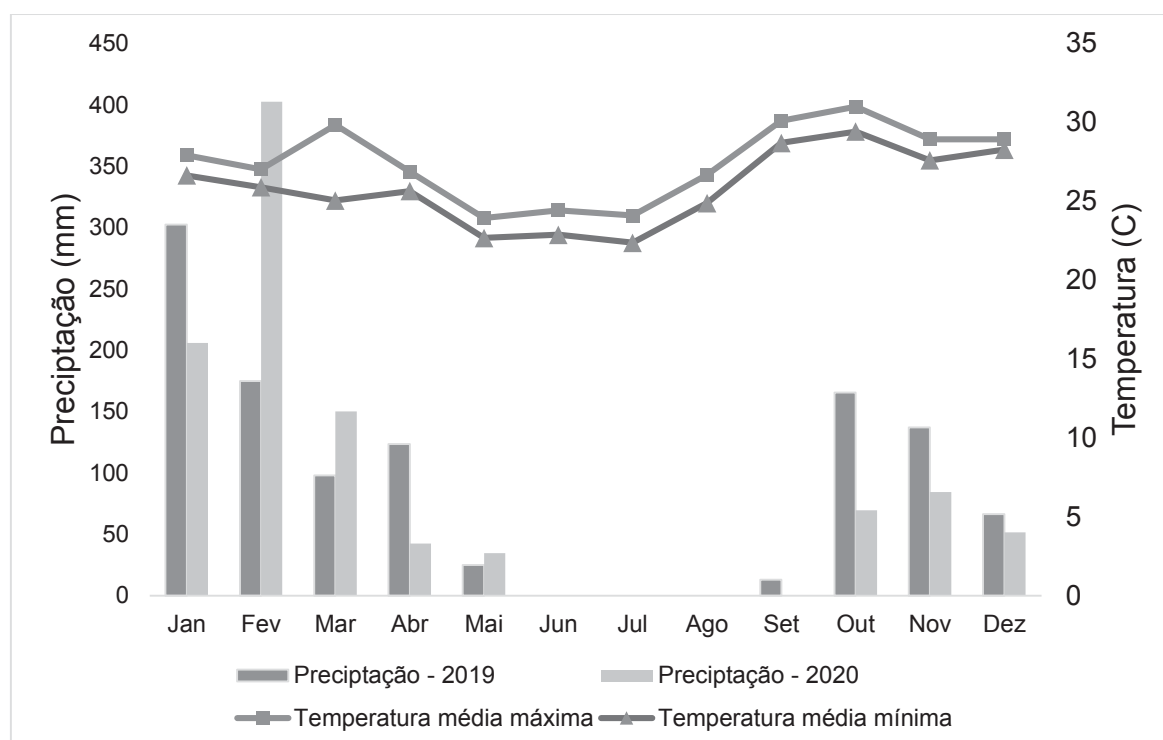


Tabela 3 – Total de dias sem chuva, precipitação (mm) e temperatura média (°C) no período da pastagem.

Ano	Total de dias sem chuva	Precipitação do período (mm)	Temperatura média (°C)
2019	99	371,9	24,57
2020	86	102,9	24,8

Fonte: sisdagro.inmet.gov.br



### 2.2.2 PROTOCOLO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

A área total do experimento é de 22,8 ha e está sendo conduzido em delineamento experimental com blocos casualizados, em esquema fatorial 2x2 com três repetições, totalizando 12 unidades experimentais. O primeiro fator é composto pela época de adubação com fósforo (P) e potássio (K), adubação convencional na safra (na cultura da soja) e adubação de sistema na safrinha (no pasto). O segundo fator é composto pela adubação nitrogenada (N) no pasto (presença ou ausência da adubação com N). O modelo do experimento é apresentado na Figura 3 e o desenho experimental (croqui) na Figura 4.

Figura 3 - Modelo experimental do estudo em que indica a época de adubação (safra ou safrinha) e a presença e ausência da adubação nitrogenada em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.

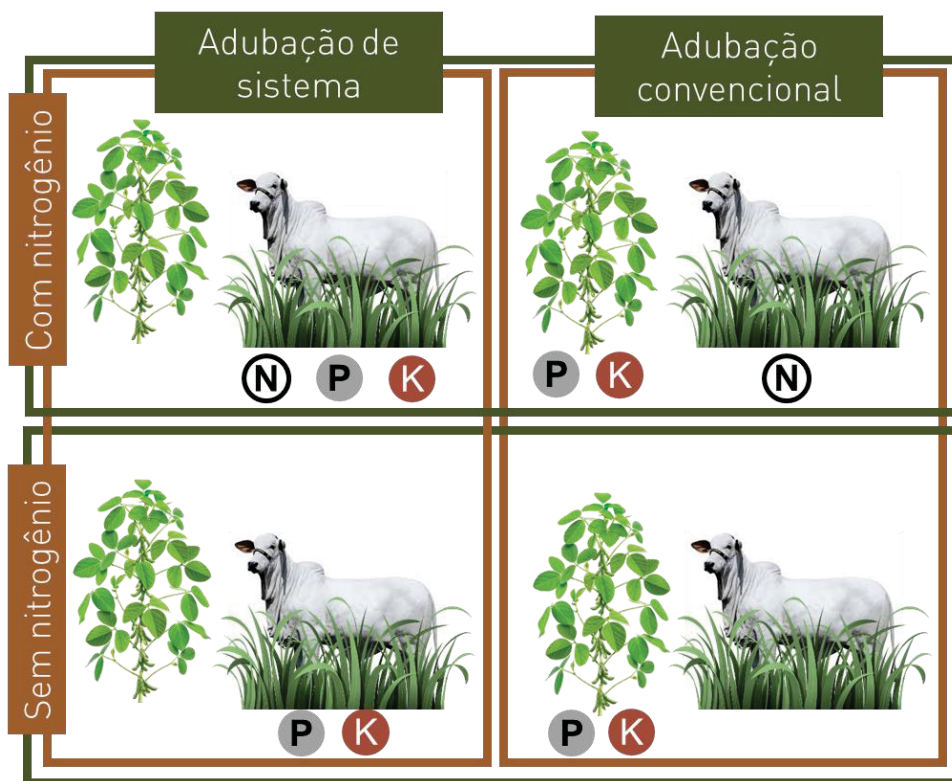
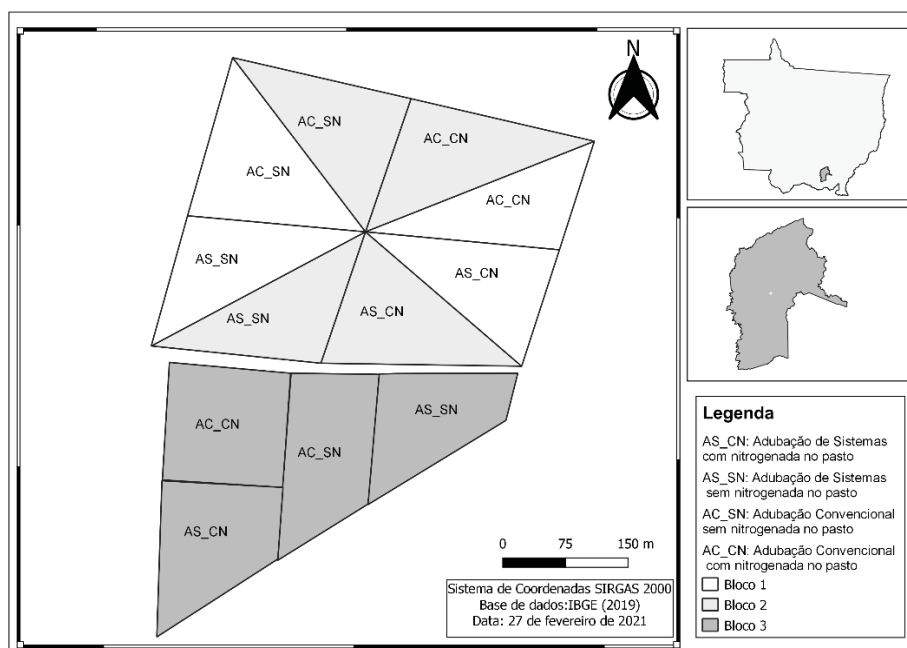


Figura 4 – Croqui da área experimental localizado na fazenda Guarita em Rondonópolis – MT em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.



A cultivar de soja utilizada foi a Brasmax Ultra IPRO, semeada com espaçamento de 45 cm. A adubação fosfatada e potássica foi calculada para uma estimativa de produtividade de 3,9 Mg ha<sup>-1</sup> de soja. Para isso foram aplicados 72 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O realizada em duas épocas, de acordo com os tratamentos. A semeadura da gramínea *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã foi realizada após a colheita da soja (18/03/2019 e 24/02/2020) utilizando semeadora de grãos miúdos com taxa de semeadura de 8,8 kg ha<sup>-1</sup> de sementes com valor cultural de 68% com objetivo de alcançar taxa de semeadura de 6 kg/ha de sementes puras e viáveis. A adubação nitrogenada (segundo fator) foi realizada na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, no momento em que a gramínea estava em fase vegetativa com quatro folhas totalmente expandidas.

### 2.2.3 PERÍODO DE PASTEJO E AVALIAÇÃO DOS ANIMAIS

Para o pastejo no período da entressafra foram utilizados três animais *testers* por bloco, sendo bovinos machos da raça nelore com peso médio de 246,0 kg (2019) e 259,7 kg (2020). O pasto foi manejado de acordo com o método do pastoreio Rotatínuo (CARVALHO et al., 2013) em lotação contínua de forma com que as médias de altura do pasto foram mantidas entre 24 e 40

cm, para isso foram utilizados animais reguladores com as mesmas características dos *testers*. Em 2019, os animais permaneceram na área entre 13/04 e 23/08, totalizando 132 dias de pastejo. Já em 2020 os animais pastejaram entre 21/03 e 17/07, totalizando 118 dias de pastejo. Essa variação nas épocas foi ocasionada pela diferente precipitação que ocorreu entre os anos (tabela 3).

Como a houve diminuição na produção e qualidade da forragem ao longo do período de utilização do pasto, devido ao decréscimo nas chuvas (Figura 2), os animais receberam suplementação a pasto. Em 2019, a suplementação proteico/energética foi de 0,3% do peso vivo (PV) e se iniciou quando o pasto teve diminuição na PB abaixo de 7%, após 86 dias de pastejo. Em 2020, a suplementação iniciou após 72 dias de pastejo com 0,5% do PV e aumentando gradativamente para 0,8% do PV até o final do ciclo de pastejo. A diferença da suplementação (%) nos anos está relacionada com o maior período sem chuva e menor precipitação no ano de 2020 (tabela 3).

A pesagem dos animais foi realizada mensalmente após a entrada no experimento. Antes de cada pesagem os animais ficaram em jejum total por 16 h. Foram avaliados o ganho de peso médio diário, ganho de peso total por animal, ganho de peso por área e taxa de lotação.

#### 2.2.4 AVALIAÇÕES DE PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FORRAGEM

Para mensuração do acúmulo de forragem utilizou-se o método do duplo emparelhamento (CAMPBELL, 1966). Foram instaladas três gaiolas de exclusão por parcela experimental, confeccionadas com ferro e tela de aço com dimensões de 1,0 x 1,0 x 1,2 m de largura, comprimento e altura, respectivamente. As coletas foram ajustadas conforme o crescimento da forragem, com intervalos de 8 dias na transição dos períodos de chuva e estiagem e de 28 dias no período de estiagem.

A massa de forragem no dia zero foi estimada no dia da instalação da gaiola. Para a realização dos cortes foi utilizado faca de serra e um quadro de ferro com área de 0,25 m<sup>2</sup>. Após o corte as amostras foram colocadas em sacos de papel devidamente identificados e levadas para o laboratório, onde ficaram em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 h até obtenção de peso

constante, e então pesadas em balança analítica. As coletas subsequentes foram realizadas da seguinte forma: coletou-se a massa de forragem em uma área representativa da parcela e ao lado foi instalado uma gaiola de exclusão. Após o período mencionado de dias essa gaiola era retirada e a massa de forragem coletada (dentro da gaiola). Em seguida a gaiola era alocada em outro ponto dando início ao um novo ciclo de cortes, fora e dentro da gaiola. As amostras foram coletadas durante todo o período de pastejo dos animais.

A taxa de acúmulo de forragem ( $\text{kg MS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) é o resultado da diferença na massa de forragem entre os cortes fora da gaiola e dentro da gaiola após o período mencionado de dias. Utilizou-se a seguinte equação para sua determinação:

$$\text{TXA} = ((\text{TXA}_x - \text{MSF}_{x-1}) / \text{n}^\circ \text{ de dias entre cortes})$$

TXA= Taxa de acúmulo;  $\text{MSD}_x$ = Massa de forragem dentro da gaiola do período x;  $\text{MSF}_{x-1}$ = Matéria seca fora da gaiola do período x-1.

A produção total de forragem ( $\text{Mg MS ha}^{-1}$ ) foi calculado pela soma da massa de forragem no dia zero mais o acúmulo de forragem de cada período. A determinação da massa de forragem residual ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) foi realizada após o final do ciclo de pastejo com a coleta de cinco amostras ( $0,25 \text{ m}^2$ ) aleatórias por parcela.

Para determinação da densidade de forragem ( $\text{kg MS/ha/cm}$ ) foram medidos cinco pontos de altura do pasto dentro de um quadro amostral de  $0,25 \text{ m}^2$  em cada gaiola de exclusão, junto com os cortes “dentro da gaiola” para determinação da taxa de acúmulo de forragem. Depois dos pontos medidos a densidade da forragem foi determinada dividindo a massa de forragem ( $\text{kg de MS ha}^{-1}$ ) coletada em cada gaiola de exclusão pela altura média dos cinco pontos.

Para as análises morfológicas foram coletadas mensalmente amostras de plantas inteiras rente ao solo e então realizada a separação de lâmina foliar + bainha, colmo e material senescente. Essas amostras foram retiradas mensalmente, em dois anos consecutivos (2019 e 2020). Após a amostragem o material foi mantido em estufa de circulação forçada de ar a  $65^\circ\text{C}$  por 72 h até

obtenção de peso seco constante e, posteriormente, pesado em balança analítica e calculado sua respectiva porcentagem.

As amostras para análises bromatológicas foram coletadas mensalmente, em dois anos (2019 e 2020), durante todo o período da safrinha, por meio da técnica de simulação de pastejo (JOHNSON, 1978) e colocadas em saco de papel devidamente identificados. O material então foi seco em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 h e moído em moinho de facas tipo Wiley com peneira de 1 mm e encaminhado para as análises químicas em laboratório. Foram analisados os teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (SILVA e QUEIROZ, 2002).

## 2.2.5 ANÁLISE DE DADOS

Os dados de produção e qualidade de forragem e animal foram coletados em dois anos de condução do experimento (2019 e 2020). Os pressupostos da análise de variância (ANOVA) foram alcançados (normalidade pelo teste de Shapiro ( $P < 0,05$ ), homogeneidade da variância pelo teste de Bartlett ( $P < 0,05$ )). A ANOVA foi executada usando um modelo misto pela função LMER do pacote *lme4* no software R Studio (v. 3.6.0), podendo ser representado em sua forma matricial por:

$$Y = X\beta + Zg + \varepsilon$$

Em que a estimativa da variável resposta ( $Y$ ) é a soma da média da população ( $X\beta$ ), obtida considerando os efeitos fixos, mais o valor predito da variável ( $Zg$ ), considerando os efeitos aleatórios. A época de adubação (Safrinha ou safrinha), adubação nitrogenada no pasto (presença ou ausência) e sua interação foram considerados efeitos fixos. Os efeitos aleatórios incluíram bloco, época de coleta (mensalmente) e ano. A época e o ano foram incluídos como efeitos aleatórios em função da similaridade entre os dados. Após a análise de variância, quando significativos os dados foram submetidos ao teste tukey a 5% de probabilidade.

A técnica estatística multivariada, sendo elas análises de fatores e componentes principais (ACP), foi usada para estabelecer atributos com poder

discriminatório e potenciais indicadores do efeito de produção e qualidade de forragem e animal sob adubação de sistemas em SIPA. As relações das variáveis a serem explicadas por um número limitado de novas variáveis foram calculadas a partir da matriz de correlação entre variáveis (JEFFERS 1978). Os valores originais foram normalizados para média igual 0 e variância igual a 1. O critério adotado para a escolha do número de componentes foi selecionar aquelas que apresentaram autovalores acima de 1,00 e conseguiram sintetizar uma variância acumulada acima de 70 % (HAIR et al., 2005).

## 2.3 RESULTADOS

Não houve interação entre os fatores sobre a produção inicial de forragem ( $P= 0,5037$ ), com médias entre 2,3 e 2,5 Mg ha<sup>-1</sup>. Já a taxa de acúmulo ( $P= 0,0007$ ) e a produção total de forragem ( $P= 0,0006$ ) foram afetadas pela interação entre as estratégias de adubação e a adubação nitrogenada (Tabela 4). Quando é realizada a adubação de sistemas, o incremento da adubação nitrogenada não surte efeito. Por outro lado, a adubação de sistema sem nitrogênio promoveu incremento de 30 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS na taxa de acúmulo, quando comparado à adubação convencional sem nitrogênio, o que equivale a 29% na produção total de forragem. Com uso da adubação convencional foi necessária a adubação com nitrogênio para obtenção de maior taxa de acúmulo de forragem e produção total de forragem (41%). Mas, quando se utilizou a adubação de sistemas a adubação nitrogenada não proporcionou incremento sobre essas variáveis (Tabela 4).

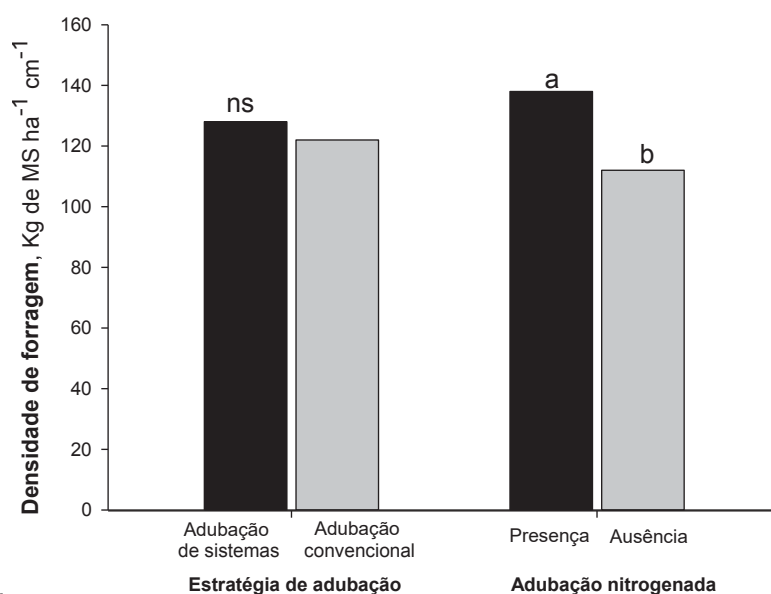
Tabela 4 – Taxa de acúmulo de forragem e produção total de forragem em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.

<b>Estratégias de adubação</b>	<b>Taxa de acúmulo (kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>)</b>	<b>Produção total de forragem (Mg ha<sup>-1</sup>)</b>
AS + N	128 a	16,0 a
AS – N	133 a	16,7 a
AC + N	145 a	18,2 a
AC – N	103 b	12,9 b

AS + N: Adubação de sistemas com nitrogenada; AS – N: Adubação de sistemas sem nitrogenada; AC + N: Adubação convencional com nitrogenada; AC – N: Adubação convencional sem nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve interação entre os fatores sobre a densidade de forragem. As estratégias de adubação não apresentaram diferença ( $P= 0,246$ ; Figura 5), com média de  $125 \text{ kg de MS ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ . Porém houve efeito isolado da adubação nitrogenada, com aumento de  $26 \text{ kg de MS ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ , equivalente a 23%, quando o pasto recebeu a adubação com nitrogênio ( $P= 0,00007$ ).

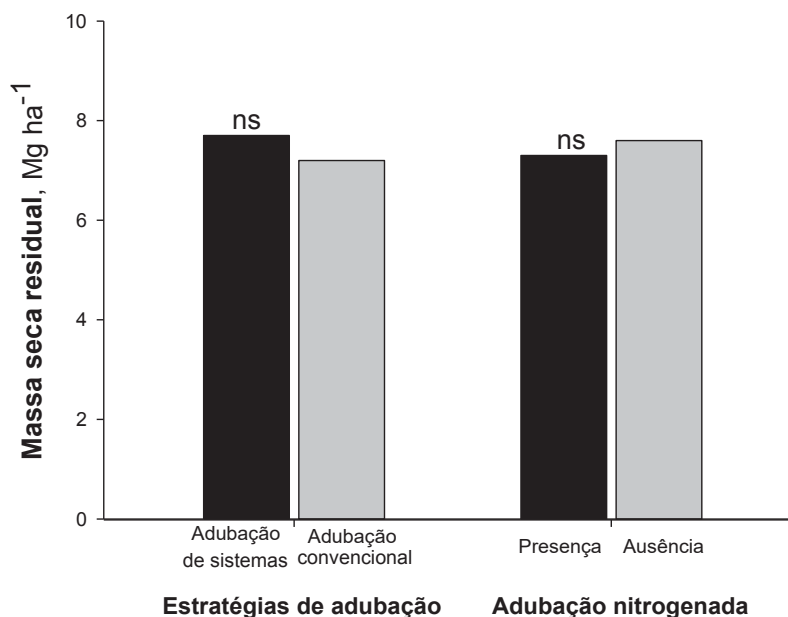
Figura 5 - Densidade de forragem em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.



Adubação de sistemas: Adubação de P e K na pastagem; Adubação convencional: Adubação de P e K na safra; Adubação nitrogenada no pasto: presença e ausência de N na pastagem. Médias seguidas da mesma letra em cada fator, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A massa de forragem residual (Figura 6) não apresentou diferença entre os tratamentos ( $P= 0,737$ ) com média de  $7,5 \text{ Mg ha}^{-1}$  para as estratégias de adubação e  $7,4 \text{ Mg ha}^{-1}$  para a adubação nitrogenada no pasto.

Figura 6 – Massa seca residual em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.

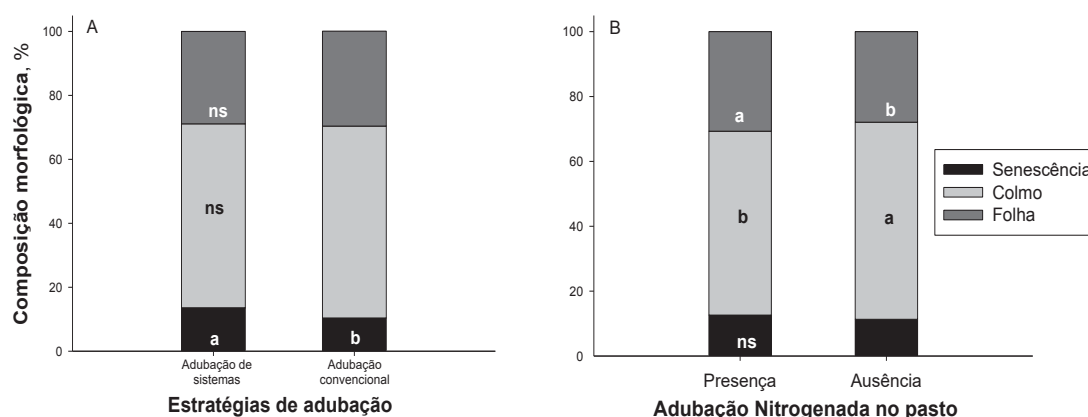


Adubação de sistemas: Adubação de P e K na pastagem; Adubação convencional: Adubação de P e K na safra; Adubação nitrogenada no pasto: presença e ausência de N na pastagem. Médias seguidas da mesma letra em cada fator, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve interação entre as estratégias de adubação e a adubação nitrogenada sobre a composição morfológica da gramínea (lâmina foliar + bainha, colmo e material senescente) ( $P= 0,123$ ;  $P= 0,303$  e  $P= 0,673$ , respectivamente; Figura 7). A adubação de sistemas influenciou somente a porcentagem de material senescente da gramínea (Figura 7A), com incremento na ordem de 31% em relação à adubação convencional. A adubação nitrogenada no pasto possibilitou aumento na proporção de folhas em 10% e diminuição na de colmo de 7% em relação a ausência de N no pasto (Figura 7B) e não influenciou o material senescente.



Figura 7 - Composição morfológica de lâmina foliar + bainha, colmo e material senescente entre as estratégias de adubação (A) e presença de nitrogênio (B) em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.



Adubação de sistemas: Adubação de P e K na pastagem; Adubação convencional: Adubação de P e K na safra; Adubação nitrogenada no pasto: presença e ausência de N na pastagem. Médias seguidas da mesma letra em cada fator, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve interação entre os fatores sobre os teores de proteína bruta (PB), FDN (fibra em detergente neutro), FDA (fibra em detergente ácido) e lignina ( $P = 0,836$ ;  $P = 0,529$ ;  $P = 0,215$  e  $P = 0,939$ , respectivamente; Tabela 5). A proteína bruta apresentou média de 14% entre as estratégias de adubação de sistemas e convencional, no entanto, a adubação com nitrogênio promoveu aumento de 9% na PB, em relação à ausência de adubação nitrogenada. Os teores de FDN (58,8 a 59,7%), de FDA (29,8 a 30,7%) e a lignina (2,8 a 3,0%) não foram influenciadas pela estratégia da adubação ou a adubação nitrogenada no pasto.

Tabela 5 - Proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) (%) em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.

Estratégias de adubação	Proteína Bruta	FDN %	FDA	Lignina
Adubação de sistemas	14,5 <sup>ns</sup>	59,7 <sup>ns</sup>	30,1 <sup>ns</sup>	2,9 <sup>ns</sup>
Adubação convencional	14,0	58,8	30,4	2,9
<b>Adubação nitrogenada</b>				
Presença	14,9 <sup>a</sup>	58,9 <sup>ns</sup>	29,8 <sup>ns</sup>	2,8 <sup>ns</sup>
Ausência	13,7 <sup>b</sup>	59,5	30,7	3,0

Adubação de sistemas: Adubação de P e K na pastagem; Adubação convencional: Adubação de P e K na safra; Adubação nitrogenada no pasto: presença e ausência de N na pastagem. Médias seguidas da mesma letra em cada fator, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ns: Não significativo pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve interação entre as estratégias de adubação e a adubação nitrogenada e nem diferenças entre os efeitos isolados sobre as variáveis de desempenho animal (Tabela 6). As variáveis peso inicial, peso final, ganho de peso animal e ganho médio diário apresentaram as médias de 253, 352, 99 kg e 0,779 kg dia<sup>-1</sup>, respectivamente.

Tabela 6 – Peso inicial, Peso final, ganho de peso por animal (GP/animal) e ganho médio diário (GMD) em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.

<b>Estratégias de adubação</b>	<b>Peso inicial</b>	<b>Peso final</b>	<b>GP/animal</b>	<b>GMD</b>
	-----kg-----			kg dia <sup>-1</sup>
Adubação de sistemas	253,6 <sup>ns</sup>	351,0 <sup>ns</sup>	98,1 <sup>ns</sup>	0,771 <sup>ns</sup>
Adubação convencional	252,6	353,0	100,1	0,788
<b>Adubação nitrogenada</b>				
Presença	251,6 <sup>ns</sup>	351,0 <sup>ns</sup>	100,0 <sup>ns</sup>	0,773 <sup>ns</sup>
Ausência	254,6	353,0	98,3	0,785

Adubação de sistemas: Adubação de P e K na pastagem; Adubação convencional: Adubação de P e K na safra; Adubação nitrogenada no pasto: presença e ausência de N na pastagem. Médias seguidas da mesma letra em cada fator, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ns: Não significativo pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A taxa de lotação animal ( $P=0,035$ ) e o ganho de peso por área ( $P=0,001$ ) foram afetados pela interação entre as estratégias de adubação e a adubação nitrogenada (Tabela 7). A adubação de sistemas resultou no aumento de 11% na taxa de lotação, comparado a adubação convencional quando não há presença da adubação nitrogenada no pasto. A adubação nitrogenada no pasto possibilitou aumento de 13% e 21% na taxa de lotação, quando associado com a adubação de sistemas e convencional, respectivamente. A adubação de sistemas, e ausência de N no pasto, possibilitou maior ganho de peso (11%) em relação à adubação convencional (Tabela 8). Por outro lado, a adubação nitrogenada no pasto somente teve efeito sobre o ganho de peso por área quando utilizado no sistema com adubação convencional, sendo 19% a mais que a mesma adubação sem N.

Tabela 7 – Taxa de lotação e ganho de peso por área em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.

Estratégias de adubação	Taxa de lotação	Ganho de peso por área
	(UA ha <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )
AS + N	3,5 a	481 ab
AS - N	3,1 b	458 b
AC + N	3,4 a	492 a
AC - N	2,8 c	413 c

AS + N: Adubação de sistemas com nitrogenada; AS - N: Adubação de sistemas sem nitrogenada; AC + N: Adubação convencional com nitrogenada; AC - N: Adubação convencional sem nitrogenada. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os dois fatores das componentes principais explicaram 73,81%, sendo que a CP1 explicou 55,93% e a CP2 17,88% da variância total nos dois primeiros componentes (CP1 e CP2 com autovalores acima de 1,0, sendo 6,15 e 1,92, respectivamente) da interação dos atributos da qualidade do pasto e desempenho animal sob diferentes sistemas de manejos (Tabela 8 e Figura 8). A CP1 foi definida pelos parâmetros senescência, GP área, taxa de lotação animal, PB, produção total de forragem, densidade da forragem, lâmina foliar, lignina, colmo e a FDA. Por outro lado, apenas FDN caracterizou a CP2.

Tabela 8 – Fatores extraídos da análise de componentes principais, com destaque para as variáveis cargas superiores a 0,6 (em módulo) em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.

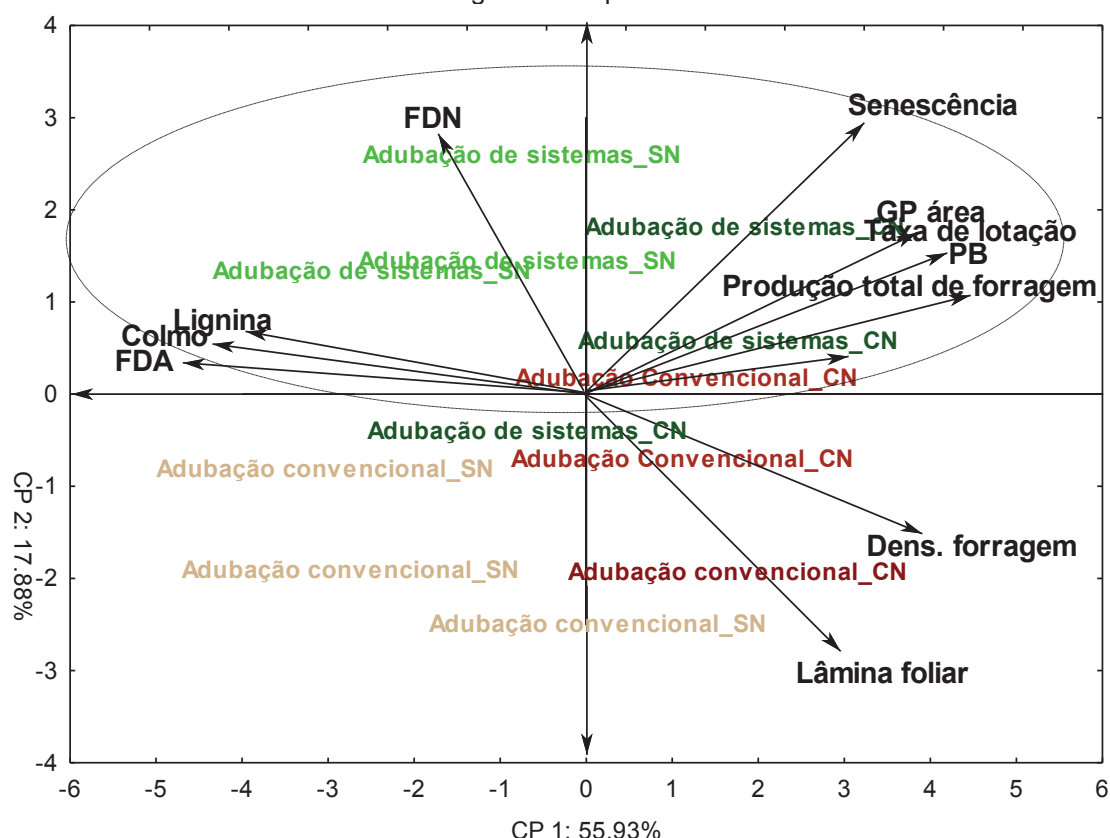
Componentes principais	Factor 1	Factor 2	Contribuição unitária
GP_Area	<b>0,84</b>	0,30	16,22
Taxa de Lotação	<b>0,87</b>	0,27	15,93
Densidade	<b>0,93</b>	-0,27	17,64
Produção total de forragem	<b>0,64</b>	0,10	7,11
PB	<b>0,88</b>	0,25	15,74
FDN	-0,25	<b>0,83</b>	<b>35,86</b>
FDA	<b>-0,80</b>	0,10	10,94
Lignina	<b>-0,69</b>	0,14	8,79
Folha	<b>0,63</b>	-0,69	<b>30,34</b>
Colmo	<b>-0,86</b>	0,12	12,79
Senescência	<b>0,58</b>	0,68	<b>28,63</b>
Autovetores	6,15	1,97	
% variância total	<b>55,93</b>	<b>17,88</b>	
Autovetores acumulados	6,15	8,12	
% Acumulativa	<b>55,93</b>	<b>73,81</b>	

GP = Ganho de peso animal. PB = Proteína bruta. FDN = Fibra em detergente neutro. FDA = Fibra em detergente ácido.

A partir do conhecimento de quais variáveis apresentam alto poder discriminatório, realizou-se análise de componentes principais (ACP) (Figura 8).

Os autovetores da CP indicaram correlação positiva e significativa para taxa de GP área, taxa de lotação animal, produção total de forragem, PB e senescência. O comparativo das correlações positivas com as negativas associadas a lignina, colmo e FDN, caracterizaram possíveis condições limitantes a produtividade animal.

Figura 8 - Bibplot dos componentes principais de produção e qualidade de forragem e animal em Sistema Integrado de Produção Agropecuária com adubação convencional, de sistemas e nitrogenada no pasto.



CN = com aplicação de nitrogênio; SN = sem aplicação de nitrogênio.

## 2.4 DISCUSSÃO

O aumento da taxa de acúmulo de forragem e da produção total de forragem (Tabela 4) em função da adubação de sistemas está relacionado com os benefícios do P e K para a gramínea. O P tem participação no crescimento e estabelecimento das raízes e no perfilhamento, além de fazer parte de compostos orgânicos como ATP e armazenamento e transferência de energia (DIAS et al., 2015), sendo assim fundamental para o estabelecimento da pastagem. Enquanto o potássio é necessário que esteja presente em quantidade

adequada, principalmente quando a exploração das pastagens se dá de forma intensiva. Ele auxilia a planta em processos metabólicos como abertura e fechamento de estômatos e no processo de absorção de fotoassimilados, o que colabora com o maior desenvolvimento e produção da forragem (AMTMANN e RUBIO, 2012; MARSCHNER, P. 2012; MALAVOLTA, E. 1980).

Já a adubação nitrogenada aumenta o tamanho das folhas, surgimento e desenvolvimento dos perfilhos, o que proporciona aumento na produção de forragem, pois é a soma dos rendimentos de perfilhos individuais que formam o dossel (PEREIRA et al., 2011; SALES et al., 2014). Os resultados deste trabalho vão ao encontro com os de Bernardon et al. (2020) que alcançou maior produção de forragem com fertilização com o N ao analisar a ciclagem de nitrogênio em SIPA. Dessa forma, a conjuntura desses fatores está relacionada com a produção da gramínea e explica o aumento na produção total de forragem (Tabela 4) e, conseqüente aumento na taxa de lotação animal (Tabela 7).

A densidade de forragem foi influenciada pela presença da adubação nitrogenada no pasto, apresentando 26 kg de MS ha<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> a mais em relação aos tratamentos sem o nitrogênio no pasto. Essa maior massa de forragem por centímetro está associada com a maior acúmulo de forragem (Tabela 4) e maiores laminas foliares (Figura 7 B), presentes no sistema com adubação nitrogenada no pasto. O nitrogênio, por participar da molécula de clorofila garante a planta uma maior eficiência fotossintética, que por sua vez permite maior aparecimento de perfilhos e de área foliar no dossel. Com isso, garante uma maior massa de forragem por centímetro quando há a adubação nitrogenada no pasto.

A massa seca residual (Figura 6) não apresentou diferença entre os tratamentos apesar da diferença que houve na produção total de forragem (tabela 4). Os tratamentos com as estratégias de adubação de sistemas e adubação convencional junto com a nitrogenada produziram mais forragem e suportaram maior taxa de lotação animal (Tabela 7) e o manejo das alturas propostas por meio do pastoreio Rotatínuo (CARVALHO et al., 2013) garantiram que a massa de forragem residual fosse semelhante apesar da diferença de produção.

O aumento da porcentagem de lâmina foliar para as áreas com adubação nitrogenada (Figura 7 B) ocorreu pelo nitrogênio atuar na síntese de compostos orgânicos e que formam a estrutura do vegetal sendo responsável por características estruturais e morfogênicas da planta (tamanho da folha, densidade, folhas por perfilhos, taxa de aparecimento foliar, alongamento foliar e senescência) (COSTA et al., 2016). Com o pastejo pelos animais, os tratamentos com presença da adubação nitrogenada tiveram maior taxa de acúmulo de forragem (tabela 4) e, conseqüentemente, maior lâmina foliar. Logo, a menor proporção de lâminas foliares foi encontrada na ausência de adubação nitrogenada no pasto, porém sem interferência no desempenho animal (Tabela 6). Isso decorre de os valores nutricionais da forragem não ultrapassarem seus níveis críticos, como o de proteína bruta e FDN (Tabela 5), não ocasionando limitação de consumo ao animal.

Por outro lado, essa uniformidade dos dados tanto em folha (%) quanto em colmo (%) para as estratégias de adubação, pode ser resultado da eficiência do manejo com o Pastoreio Rotatínuo, no qual se respeitou os limites de altura entre 24 a 40 cm, fazendo com que houvesse semelhança entre as estruturas do dossel nos diferentes sistemas de adubação. Pastagens bem manejadas, conseguem mesmo com o pastejo, manter um nível de folhas e aparecimento de novos perfilhos adequados para a produção da gramínea (FARIAS et al., 2020).

A adubação nitrogenada elevou o teor de proteína bruta da forragem (Tabela 5) por proporcionar maior síntese proteica e intensificar o desenvolvimento das folhas (Figura 7 B) que são as estruturas com maior teor proteico (BERNARDI et al., 2018). No entanto, os tratamentos com ausência de nitrogênio no pasto ficaram acima do nível considerado crítico de 7% (REIS et al., 2009) e não implicou em perda de desempenho para os animais (Tabela 6). Os demais indicadores de valor nutritivo da forragem também ficaram na faixa ideal pois, a FDN apresentou valores entre 58 e 59% (nível crítico 60%) e a FDA valores entre 29,8 e 30,7% (nível crítico 40%), para essas variáveis, valores acima dos níveis críticos podem provocar limitação de consumo e menor ingestão ao animal (VAN SOEST 1994 NUSSIO et al., 1998). A lignina é um fator limitante para a degradação da parede celular e aumenta conforme a maturação fisiológica da planta, diminuindo a digestibilidade dos polissacarídeos estruturais

pelos ruminantes (BRITO et al., 2003), sendo desejáveis, portanto, teores mais baixos dessa fração, portanto os valores encontrados nesse trabalho estão relativamente baixos, em torno de 3% (FERREIRA et al., 2010). Sendo assim, nenhuma das estratégias de adubação implicaram em limitação de consumo ou digestibilidade para os animais.

O ganho médio diário dos animais (GMD) (Tabela 6) não apresentou diferença entre os tratamentos. Houve similaridade dos componentes bromatológicos (Tabela 5) entre os tratamentos, explicando essa resposta. No entanto, o ganho de peso por área e a taxa de lotação (Tabela 7) apresentaram interação entre as estratégias de adubação e a adubação nitrogenada. A adubação de sistemas e a nitrogenada apresentaram maior produtividade por área se comparado aos tratamentos com adubação convencional e sem N. A maior produção total de forragem e a maior taxa da área foliar impostas pela adubação de sistemas e adubação convencional com adubação nitrogenada, aliados com o pastoreiro Rotatínuo (CARVALHO et al., 2013) garantiram produção e estruturas de dossel favoráveis, que refletiu em maior eficiência em taxa de lotação e ganho de peso por área (Tabela 8), evidenciando a importância de se adubar a pastagem. Nessa linha, Farias et al. (2020) também observaram maior taxa de lotação para ovinos nas áreas com adubação de sistemas e presença de N na pastagem devido a maior produção de forragem.

Houve distinção entre os atributos avaliados e as estratégias de adubação, de sistemas e convencional (Figura 8). A ACP mostrou com 73,8% que a adubação de sistemas com a presença da adubação nitrogenada foram as melhores estratégias para se produzir mais forragem com aspectos favoráveis de qualidade, aumentando a produção animal. Além da necessidade de P para seu estabelecimento (DIAS et al., 2015) e do K para as atividades metabólicas, a pastagem necessita de uma alta demanda de N por conta do seu crescimento quase constante. Dessa forma, a disponibilidade do N ocasiona uma maior produção total de forragem que reflete no maior desempenho animal (BERNARDON et al., 2020), por meio do aumento da taxa de lotação e do ganho de peso por área. Em contrapartida, a ausência do nitrogênio relacionou-se com os atributos FDN, FDA, lignina e colmo, variáveis que podem se tornar limitantes

para o consumo animal (VAN SOEST 1994; NUSSIO et al., 1998; BRITO et al., 2003).

As estratégias de adubação de sistemas e adubação convencional junto com a nitrogenada no pasto, proporcionaram maior produção de forragem em relação a adubação convencional sem a presença do nitrogênio (Tabela 4), causando impacto direto no aumento da lotação animal e no ganho de peso por área (Tabela 7), além de produzirem maior massa residual, o que é importante para o plantio direto da cultura sucessora em SIPA (KUNRATH et al., 2020).

Dessa forma, a adubação de sistemas e a adubação convencional com a presença da nitrogenada foram capazes de aumentar de forma sustentável a produção de carne em SIPA. A eficiência do uso de insumos é essencial para o crescimento do setor pecuário minimizando o impacto ambiental e junto com o SIPA, desde que bem manejados, são aliados importantes para a produção mundial de alimentos (Farias et al., 2020).

## **2.5 CONCLUSÃO**

A adubação de sistemas e adubação convencional com a presença da nitrogenada promovem maior taxa de acúmulo de forragem e produção total de forragem em relação a adubação convencional sem nitrogênio.

A maior produção total de forragem alcançada com a adubação de sistemas e adubação convencional com a presença da nitrogenada aumentou a taxa de lotação animal e, conseqüentemente, o maior desempenho animal em SIPA.



## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. STAPE, J. L. SENTELHAS, P. C. GONÇALVES, J. L. M. SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Vol. 22, No. 6, 711–728, 2013.
- ASSMANN, T. S.; MARTINICHEN, D. et al. Adubação de Sistemas e ciclagem de nutrientes em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária. In: SOUZA, E.D. et al. (Ed). **Sistemas Integrados de Produção Agropecuária no Brasil**. Tubarão: Copiart, p. 123-144, 2018.
- AMTMANN, A.; RUBIO, F. **Potassium in plants**. In: eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester, 2012.
- ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; COSTA, S. E. V. G. A. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropical brasileiro. **Tópicos em Ciência do Solo**, v.8, p.325-380, 2013.
- ANGHINONI, I.; MARTINS, A. P.; COSTA, S. E. V. G. A. et al. O solo no contexto: ciclagem de nutrientes e adubação do sistema. In: Grupo de Pesquisa em Sistema Integrado de Produção Agropecuária (GPSIPA). **Integração soja - bovinos de corte no sul do Brasil**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 66-70, 2015.
- BERNARDI, A.; SILVA, A. W. L.; BARETTA, D. Estudo metanalítico da resposta de gramíneas perenes de verão à adubação nitrogenada. **Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia**, v.70, n.2, p.545-553, 2018.
- BERNARDON, A.; ASSMANN, T. S.; SOARES, A. B.; FRANZLUEBBERS, A.; MACCARI, M.; BORTOLLI, M. A.; Carryover of N-fertilization from corn to pasture in an integrated crop-livestock system. **Archives of Agronomy and Soil Science**, 2020.
- BRITO, C. J. F. A.; RODELLA, R. A.; DESCHAMPS, F. C.; Perfil Químico da Parede Celular e suas Implicações na Digestibilidade de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1835-1844, 2003.
- CAMPBELL, A. G. Grazed pastures parameters; I. Pasture dry matter production and availability in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. **Journal Agriculture Science**, v.67, p.211-216, 1966.
- CARVALHO, P.C.F., et al. Integrating the pastoral component in agricultural systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 47, e20170001, 2018.
- CARVALHO P. C. F. **Harry Stobbs Memorial Lecture**: Can grazing behavior support innovations in grassland management Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales, 1, 137-155, 2013.

COSTA, N. D. L.; TOWNSEND, C. R.; HELENA, F.; MAGALHÃES, J. A.; JOSÉ, F.; SANTOS, D. S.; NUNES, B. H. Forage yield and morphogenesis of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu under different rest periods. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 10, n. 4, p. 307–311, 2016.

DIAS, D. G. PEGORARO, R. F. ALVES, D. D. PORTO, E. M. V. NETO, J. A. S. ASPIAZÚ, I. Produção do capim piatã submetidos a diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.19, 330-335, 2015.

FAO. **The future of food and agriculture: trends and challenges**. Rome, 180p, 2017.

FARIAS, G. D.; DUBEUX, J. C. B.; SAVIAN, J. V.; DUARTE, L. P.; MARTINS, A. P.; TIECHER, T.; ALVES, L. A.; CARVALHO, P. C. F.; BREMM, C. Integrated crop-livestock system with system fertilization approach improves food production and resource-use efficiency in agricultural lands. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 40:39 p. 2-9, 2020.

FERREIRA, A. C. B.; LAMAS, F. M.; FERREIRA, M. C. S. C.; SALTON, J. C.; SUASSUNA, N. D. Produção de biomassa por cultivos de cobertura do solo e produtividade do algodoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 546-553, 2010.

HAIR J, R.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; Black. **Análise multivariada de dados**. Bookman, Porto Alegre, 2005.

JEFFERS, J. N. R. An Introduction to System Analysis: with **Ecological Applications**. E. Arnold Publ, London, 1978.

JOHNSON, A.D. Sample preparation and chemical analysis of vegetation. In: t'MANNETJE, L. (Ed.). Measurement of grassland vegetation and animal production. Aberystwyth: **Commonwealth Agricultural Bureaux**, p.96-102, 1978.

KUNRATH, T. R.; NUNES, P. A. A.; DE SOUZA FILHO, W. Sward height determines pasture production and animal performance in a longterm soybean-beef cattle integrated system. **Agric Syst**, 177:102716, 2020.

LAROCA, J. V. S.; SOUZA, J. M. A.; PIRES, G. C.; PIRES, G. J. C.; PACHECO, L. P.; SILVA, F. D.; WRUCK, F. J.; CARNEIRO, M.A. C.; SILVA, L. S.; SOUZA, E. D. Soil quality and soybean productivity in crop-livestock integrated system in no-tillage. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v. 53, 1248-1258, 2018.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: **E Agronômica Ceres**, 1980.

MARSCHNER, P. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Austrália: **Elsevier Ltd**, 2012.

NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P.; PEDREIRA, C. G. S. Valor alimentício em plantas do gênero *Cynodon*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1998. p.296, 1998.

ONU. **População mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU**. Brasil: ONU, 2019. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/83427-populacao-mundial-deve-chegar-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu>> Acessado em 02 de fevereiro de 2021.

PEREIRA, O. G.; ROVETTA, R.; RIBEIRO, K. G.; SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M. da; CECOM, P. R. Características morfogênicas e estruturais do capim-tifton 85 sob doses de nitrogênio e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.9, p.1870-1878, 2011.

REIS, R. A.; RUGGIERI, A. C.; CASAGRANDE, D. R.; PÁSCOA, A. G. Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.147-159, 2009.

SALES, E. C. J.; REIS, S. T. DOS; MONÇÃO, F. P.; ANTUNES, A. B.; ALVES, D. D.; AGUIAR, A. C. R. DE; ANTUNES, A. P. DA S.; MOTA, V. A. C. Produção de forragem, características estruturais e eficiência de utilização de nitrogênio no capim Marandu. **Agrarian**, v. 7, n. 25, p. 434–446, 2014.

SEARCHINGER et al. **Creating a sustainable food future**. In: World Resources Report. 556p, 2019.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 235p, 2002.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press, Comstock Publ. **Associates**, 476p, 1994.